

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-306933

(43)Date of publication of application : 19.11.1993

(51)Int.Cl.

G01C 7/06

E21D 9/06

F16L 1/00

G01B 11/00

(21)Application number : 04-134404

(71)Applicant : NKK CORP

(22)Date of filing : 28.04.1992

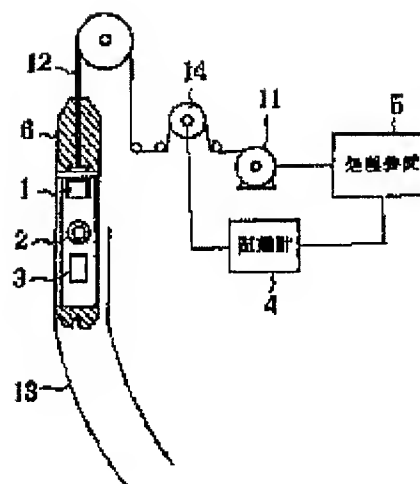
(72)Inventor : FUTAKI KAZUMOTO  
KIMURA TAKAHIRO

## (54) POSITION MEASURING DEVICE AND METHOD

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To measure a position accurately regardless of occurrence of rolling revolution without being affected by external magnetic field.

**CONSTITUTION:** Three-axis optical fiber gyros 1, 2, and 3 which cross at right angle one another are laid out in a driving body 6. One-axis optical fiber gyro 1 is used for rolling angle for detection and the pitching angle and the yawing angle which are detected by other two-axis optical fiber gyros 2 and 3 are compensated by the detected rolling angle to calculate an azimuth and a dip, thus detecting the position of the driving body 6 according to the azimuth and the dip and the driving distance of the driving body 6.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-306933

(43)公開日 平成5年(1993)11月19日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 C 7/06		6843-2F		
E 2 1 D 9/06	3 0 1 F	8912-2D		
F 1 6 L 1/00	Y	7123-3J		
G 0 1 B 11/00	A	7625-2F		

審査請求 未請求 請求項の数8(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-134404

(22)出願日 平成4年(1992)4月28日

(71)出願人 000004123

日本鋼管株式会社

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

(72)発明者 二木 一元

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(72)発明者 木村 隆廣

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

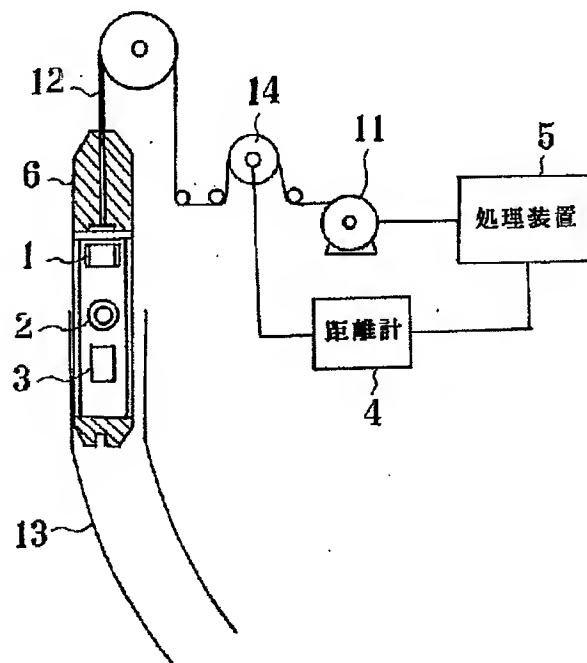
(74)代理人 弁理士 小島 俊郎

(54)【発明の名称】 位置計測装置及び計測方法

(57)【要約】

【目的】外部磁界の影響を受けずに、ローリング回転が生じて、正確な位置計測を行なう。

【構成】互いに直交する3軸の光ファイバジャイロ1, 2, 3を走行体6に配置する。1軸の光ファイバジャイロ1をローリング角に検出用として使用し、他の2軸の光ファイバジャイロ2, 3でそれぞれ検出したピッチング角とヨーイング角を検出したローリング角で補正して方位角と伏角を算出し、方位角と伏角及び走行体6の走行距離から走行体6に位置を検出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 3軸の光ファイバジャイロと距離計と処理装置とを有する位置計測装置であって、

3軸の光ファイバジャイロはそれぞれ回転角度を計測するものであり、走行体に搭載され、進行方向を軸として巻回されたファイバコイルと、進行方向に対して直交しかつ互いに直交する方向の2軸に巻回されたファイバコイルとを有し、

処理装置は走行体の位置を演算し記憶するものであり、サンプリング手段と位置演算手段と記憶手段とを有し、サンプリング手段は3軸の光ファイバジャイロで計測している回転角度と距離計で計測している走行体の走行距離とを一定周期又は一定走行量毎にサンプリングし、位置演算手段はサンプリングした3軸の回転角度と走行距離とから走行体の位置を演算し、記憶手段は演算した走行体の位置を一定周期毎に記憶することを特徴とする位置計測装置。

【請求項2】 走行体に搭載され、互いに直交する3軸

$$\begin{aligned}\theta_y(n) &= \theta_y(n-1) + [\beta(n) - \beta(n-1)] \sin \alpha(n) \\ &\quad - [\gamma(n) - \gamma(n-1)] \cos \alpha(n) \\ \theta_z(n) &= \theta_z(n-1) + [\beta(n) - \beta(n-1)] \cos \alpha(n) \\ &\quad + [\gamma(n) - \gamma(n-1)] \sin \alpha(n)\end{aligned}$$

で演算する請求項2記載の位置計測方法。

式により演算し、

【請求項4】 走行体の位置変位量を直交座標系で下記

$$\begin{aligned}\Delta X(n) &= [L(n) - L(n-1)] \cos \theta_y(n) \cos \theta_z(n) \\ \Delta Y(n) &= [L(n) - L(n-1)] \sin \theta_y(n) \cos \theta_z(n) \\ \Delta Z(n) &= [L(n) - L(n-1)] \sin \theta_z(n)\end{aligned}$$

演算した位置変位量 $\Delta X(n)$ 、 $\Delta Y(n)$ 、 $\Delta Z(n)$ をそれぞれ前回値 $X(n-1)$ 、 $Y(n-1)$ 、 $Z(n-1)$ に加算して走行体の位置 $X(n)$ 、 $Y(n)$ 、 $Z(n)$ を演算する請求項3記載の位置計測方法。

【請求項5】 円筒容器からなる走行体の内部に互いに直交する3軸の光ファイバジャイロを収納し、埋設管の位置を計測する請求項2、3又は4記載の位置計測方法。

【請求項6】 3軸の光ファイバジャイロの軸方向の初期設定を走行直前の管入口で行ない、埋設管の入口側から出口側に走行させて埋設管の位置を演算する請求項5記載の位置計測方法。

【請求項7】 走行体が埋設管内部から引出されたときに3軸の光ファイバジャイロの軸方向の終期設定を行ない、計測データの順序を逆転して埋設管の位置を演算する請求項5記載の位置計測方法。

【請求項8】 3軸の光ファイバジャイロの軸方向の初期設定を走行直前の管入口で行ない埋設管内に前進させ、埋設管の終端に達した後、走行体を後退させ、走行終了直後に3軸の光ファイバジャイロの軸方向の終期設定を行ない、前進したときの位置計測値と後退したときの位置計測値で誤差補正を行なう請求項5記載の位置計測方法。

の光ファイバジャイロで計測しているローリング角とピッチング角とヨーイング角及び距離計で計測している走行体の走行距離とを一定周期又は一定走行量毎にサンプリングし、前回サンプリングしたローリング角 $\alpha(n-1)$ とピッチング角 $\beta(n-1)$ とヨーイング角 $\gamma(n-1)$ と、今回サンプリングしたローリング角 $\alpha(n)$ とピッチング角 $\beta(n)$ とヨーイング角 $\gamma(n)$ 及び前回の方位角 $\theta_y(n-1)$ と伏角 $\theta_z(n-1)$ とから方位角 $\theta_y(n)$ と伏角 $\theta_z(n)$ を演算し、演算した方位角 $\theta_y(n)$ と伏角 $\theta_z(n)$ と前回サンプリングした走行距離 $L(n-1)$ 及び今回サンプリングした走行距離 $L(n)$ とから走行体の位置を演算することを特徴とする位置計測方法。

【請求項3】 方位角 $\theta_y(n)$ と伏角 $\theta_z(n)$ を前回サンプリングしたピッチング角 $\beta(n-1)$ とヨーイング角 $\gamma(n-1)$ と、今回サンプリングしたローリング角 $\alpha(n)$ とピッチング角 $\beta(n)$ とヨーイング角 $\gamma(n)$ とから下記式

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は光ファイバジャイロを使用した位置計測装置及び計測方法、特に測定精度の向上に関するものである。

【0002】例えばガス管や石油導管等の埋設管などにより外界から位置の計測が困難な配管系統の位置計測には次ぎの方法が採用されている。

【0003】(1)コンパスによる方位計と、水準器による伏角計を搭載した走行体を管内に走行させながら、地磁気水平成分の方向(南北方向)と走行体の水平成分の方向との差から方位角を計測し、方位角と伏角及び走行距離の計測値で位置を演算する方法。

【0004】(2)方位角計測用と伏角計測用のメカニカルジャイロと、ローリング補正のサーボ機構を使用した走行体を管内に走行させ、走行体の進行方向を軸にして回転するローリングをサーボ機構で防止しながら方位角と伏角及び走行距離を計測して位置を演算する方法。

【0005】(3)メカニカルジャイロのかわりに光ファイバジャイロを使用して方位角と伏角を計測して位置を演算する方法。

【0006】光ファイバジャイロの原理は、図6に示すように角速度 $\omega$ で回転しているN回巻きの光ファイバコ

イル61に光源62から右回りと左回りのレーザ光を通して位相検出器63で検出すると、右回りと左回りの波との間に位相差が生じる。この位相差は角速度 $\omega$ と光ファイバコイル61の巻数Nに比例する。したがって位相差を計測して時間積分すれば光ファイバコイル61の角度を演算することができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記コンパスによる方位角を計測する方法は、埋設管が鋼管のように磁性体で構成されている場合には計測が不可能であり、ステンレス管のように非磁性体で構成されている場合の計測にのみ限定される。また、埋設管の近傍に鉄筋やタンク等の磁性体があると地磁気が乱れて、方位角を正確に計測することはできない。

【0008】また、メカニカルジャイロで方位角と伏角を計測する場合は、回転体を使用するために、45度以上の伏角になると計測ができなくなり、例えば湾曲した埋設管の位置計測には使用できなかった。さらに、走行体のローリングを防止するサーボ機構を有するために、走行体が大きくなり、かつ複雑になってしまう。

【0009】光ファイバジャイロを使用した方法はコンパスによる方法と比べてに外部磁界の影響を全く受けずに方位角を計測でき、かつ45度以上の伏角も計測できる。したがって鉄等の磁性体の近傍で伏角の大きい埋設管の計測をすることができる。

【0010】しかしながら光ファイバジャイロを搭載した走行体のローリングを防止するためにサーボ機構を使用することから、走行体の構造が複雑になり大きくなってしまふ。また、走行体が管路を走行しているときに、特に伏角の大きいところで急激なローリング回転が生じると、サーボ機構の追従が困難になってしまい、正確な位置計測ができなくなる場合もある。

【0011】この発明はかかる短所を解消するためになされたものであり、外部磁界の影響を全く受けずに、かつローリング回転が生じて、正確な位置計測を行なうことができる位置計測装置及び計測方法を得ることを目的とするものである。

$$\begin{aligned}\theta_y(n) &= \theta_y(n-1) + [\beta(n) - \beta(n-1)] \sin \alpha(n) \\ &\quad - [\gamma(n) - \gamma(n-1)] \cos \alpha(n) \\ \theta_z(n) &= \theta_z(n-1) + [\beta(n) - \beta(n-1)] \cos \alpha(n) \\ &\quad + [\gamma(n) - \gamma(n-1)] \sin \alpha(n)\end{aligned}$$

【0016】また、走行体の位置変位量を直交座標系で下記の数式2で演算し、演算した位置変位量 $\Delta X(n)$ 、 $\Delta Y(n)$ 、 $\Delta Z(n)$ を前回位置 $X(n-1)$ 、 $Y(n-1)$ 、 $Z(n-1)$ にそれぞれ加算することにより、走行

$$\begin{aligned}\Delta X(n) &= [L(n) - L(n-1)] \cos \theta_y(n) \cos \theta_z(n) \\ \Delta Y(n) &= [L(n) - L(n-1)] \sin \theta_y(n) \cos \theta_z(n) \\ \Delta Z(n) &= [L(n) - L(n-1)] \sin \theta_z(n)\end{aligned}$$

【0018】また、この発明の位置計測方法は、円筒容器からなる走行体の内部に互いに直交する3軸の光ファ

【0012】

【課題を解決するための手段】この発明に係る位置計測装置は、3軸の光ファイバジャイロと距離計と処理装置とを有し、3軸の光ファイバジャイロはそれぞれ回転角度を計測するものであり、走行体に搭載され、進行方向を軸として巻回されたファイバコイルと、進行方向に対して直交しかつ互いに直交する方向の2軸に巻回されたファイバコイルとを有し、処理装置は走行体の位置を演算し記憶するものであり、サンプリング手段と位置演算手段と記憶手段とを有し、サンプリング手段は3軸の光ファイバジャイロで計測している回転角度と距離計で計測している走行体の走行距離とを一定周期又は一定走行距離毎にサンプリングし、位置演算手段はサンプリングした3軸の回転角度と走行距離とから走行体の位置を演算し、記憶手段は演算した走行体の位置を一定周期又は一定走行距離毎に記憶することを特徴とする。

【0013】またこの発明に係る位置計測方法は、走行体に搭載され、互いに直交する3軸の光ファイバジャイロで計測しているローリング角とピッチング角とヨーイング角及び距離計で計測している走行体の走行距離とを一定周期毎にサンプリングし、前回サンプリングしたローリング角 $\alpha(n-1)$ とピッチング角 $\beta(n-1)$ とヨーイング角 $\gamma(n-1)$ と、今回サンプリングしたローリング角 $\alpha(n)$ とピッチング角 $\beta(n)$ とヨーイング角 $\gamma(n)$ と前回演算された方位角 $\theta_y(n-1)$ と伏角 $\theta_z(n-1)$ から方位角 $\theta_y(n)$ と伏角 $\theta_z(n)$ を演算し、演算した方位角 $\theta_y(n)$ と伏角 $\theta_z(n)$ と前回サンプリングした走行距離 $L(n-1)$ 及び今回サンプリングした走行距離 $L(n)$ とから走行体の位置を演算することを特徴とする。

【0014】方位角 $\theta_y(n)$ と伏角 $\theta_z(n)$ は、前回サンプリングしたピッチング角 $\beta(n-1)$ とヨーイング角 $\gamma(n-1)$ と、今回サンプリングしたローリング角 $\alpha(n)$ とピッチング角 $\beta(n)$ とヨーイング角 $\gamma(n)$ とから下記の数式1で演算する。

【0015】

【数1】

体の位置 $X(n)$ 、 $Y(n)$ 、 $Z(n)$ を演算する。

【0017】

【数2】

イバジャイロを収納し、埋設管の位置を計測することを特徴とする。

【0019】このように埋設管の位置を計測する場合には、3軸の光ファイバジャイロの軸方向の初期設定を走行直前の管入口で行ない、走行体を埋設管の入口側から出口側に走行させて埋設管の位置を演算することが好ましい。

【0020】また、走行体を走行させて、ローリング角とピッチング角とヨーイング角及び走行距離とを計測した後に、走行終了直後に3軸の光ファイバジャイロの軸方向の終期設定を行ない、計測データの順序を逆転して埋設管の位置を演算しても良い。

【0021】さらに、3軸の光ファイバジャイロの軸方向の初期設定と終期設定を行ない、前進したときの位置計測値と後退したときの位置計測値で誤差補正を行なっても良い。

【0022】

【作用】この発明においては、互いに直交する3軸の光ファイバジャイロを走行体に配置し、そのうちの1軸の光ファイバジャイロをローリング検出用として使用し、他の2軸の光ファイバジャイロでそれぞれ検出したピッチング角とヨーイング角を検出したローリング角により補正して方位角と伏角を算出する。

【0023】

【実施例】図1はこの発明の一実施例を示すブロック図である。図に示すように、位置計測装置はA軸光ファイバジャイロ1とB軸光ファイバジャイロ2とC軸光ファイバジャイロ3と距離計4及び処理装置5とを有する。

【0024】A軸光ファイバジャイロ1とB軸光ファイバジャイロ2とC軸光ファイバジャイロ3は図2の走行体6の構成図に示すように、走行体6に互いに直交して配置されている。A軸光ファイバジャイロ1は走行体6の進行方向を軸（A軸という）にして回転する角度であるローリング角を測定する。B軸光ファイバジャイロ2は走行体6の進行方向に対して垂直な方向を軸（B軸という）にして回転する角度であるピッチング角を測定する。C軸光ファイバジャイロ3はA軸とB軸にそれぞれ垂直な方向を軸（C軸という）にして回転する角度であるヨーイング角を測定する。距離計4は走行体6の走行距離を測定する。

【0025】処理装置5は走行体の位置を演算して記憶

$$\begin{aligned}\theta_y(n) &= \theta_y(n-1) + [\beta(n) - \beta(n-1)] \sin \alpha(n) \\ &\quad - [\gamma(n) - \gamma(n-1)] \cos \alpha(n) \\ \theta_z(n) &= \theta_z(n-1) + [\beta(n) - \beta(n-1)] \cos \alpha(n) \\ &\quad + [\gamma(n) - \gamma(n-1)] \sin \alpha(n)\end{aligned}$$

【0031】ここで走行体6が各測定を行なう間に走行する距離を $L(i)$ とすると、測定毎の走行体6の位置変位量を直交座標 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ で表わすと下記の数式5にな

$$\begin{aligned}\Delta X(n) &= [L(n) - L(n-1)] \cos \theta_y(n) \cos \theta_z(n) \\ \Delta Y(n) &= [L(n) - L(n-1)] \sin \theta_y(n) \cos \theta_z(n) \\ \Delta Z(n) &= [L(n) - L(n-1)] \sin \theta_z(n)\end{aligned}$$

【0033】但し、 $X$ は目標点の方位を軸にし、 $Y$ は目

するものであり、サンプリング手段7と演算手段8と記憶手段9及び出力手段10とを有する。サンプリング手段7は3軸の光ファイバジャイロ1、2、3で計測している走行体6の回転角度と距離計4で計測している走行体6の走行距離とを一定周期又は一定走行距離毎にサンプリングして記憶手段9に送り記憶させる。演算手段8はサンプリングして記憶手段9に記憶した3軸の回転角度と走行距離とから一定周期又は一定走行距離毎の走行体6の位置を演算し、記憶手段9に記憶させる。出力手段10はCRT等の表示手段と記録手段を有し、記憶手段9に記憶させた走行体6の位置を表示し記録する。

【0026】上記のように構成された位置計測装置の動作を説明するにあたり、まず、位置計測装置の原理を説明する。

【0027】例えばA軸光ファイバジャイロ1で計測したローリング角を $\alpha$ 、B軸光ファイバジャイロ2で計測したピッチング角を $\beta$ 、C軸光ファイバジャイロ3で計測したヨーイング角を $\gamma$ とし、走行体6の方位角と伏角を $\theta_y$ 、 $\theta_z$ とする。ここで走行体6がローリング角 $\alpha$ だけ回転したときの状態をA軸方向からみると、B軸光ファイバジャイロ2とC軸光ファイバジャイロ3は図3に示すようになる。そしてローリング角 $\alpha$ をパラメータとしてピッチング角 $\beta$ とヨーイング角 $\gamma$ の変位を $\Delta\beta$ 、 $\Delta\gamma$ とし、方位角 $\theta_y$ 、伏角 $\theta_z$ の変位を $\Delta\theta_y$ 、 $\Delta\theta_z$ とすると、方位角と伏角の変位 $\Delta\theta_y$ 、 $\Delta\theta_z$ は変位 $\Delta\beta$ 、 $\Delta\gamma$ の一次結合になり数式3で表わせる。

【0028】

【数3】

$$\Delta\theta_y = \Delta\beta \sin \alpha - \Delta\gamma \cos \alpha$$

$$\Delta\theta_z = \Delta\beta \cos \alpha + \Delta\gamma \sin \alpha$$

【0029】ここで、 $n$ 回目のローリング角、ピッチング角、ヨーイング角の測定値を $\alpha(n)$ 、 $\beta(n)$ 、 $\gamma(n)$ とし、初期値設定において $\alpha(0)$ を零とし、 $\beta(0)$ が伏角、 $\gamma(0)$ が方位角になるように設定すると、方位角と伏角の $N$ 回目の値 $\theta_y(n)$ 、 $\theta_z(n)$ は数式3を変形することにより下記の数式4で計算することができる。

【0030】

【数4】

る。

【0032】

【数5】

標点の方位から直交した水平方向を軸とし、 $Z$ は鉛直方

向を軸にしたものである。

【0034】この位置変位量 $\Delta X(n)$ 、 $\Delta Y(n)$ 、 $\Delta Z(n)$ を $n=1$ から $n$ までそれぞれ加算することにより、 $n$ 回目の測定時の走行体の位置 $X(n)$ 、 $Y(n)$ 、 $Z(n)$ を得ることができる。

【0035】次ぎに上記のようにA軸光ファイバジャイロ1とB軸光ファイバジャイロ2及びC軸光ファイバジャイロ3を配置した走行体6を、図4に示すように、モータ11につながれたリール14で牽引されるアーマドケーブル12で案内しながら埋設管13内を走行させて走行体6の位置を計測する場合の動作を説明する。

【0036】まず走行体6を埋設管13の入口側に設置してから、A軸光ファイバジャイロ1とB軸光ファイバジャイロ2及びC軸光ファイバジャイロ3を初期設定してから、走行体6を埋設管13内に走行させる。このとき距離計4は走行体6の走行距離を連続して計測している。そして一定時間経過するか、走行体6の走行距離があらかじめ定めた一定距離に達するたびに、サンプリング手段7はA軸光ファイバジャイロ1とB軸光ファイバジャイロ2及びC軸光ファイバジャイロ3でそれぞれ計測している走行体6のローリング角 $\alpha(n)$ とピッチング角 $\beta(n)$ とヨーイング角 $\gamma(n)$ をサンプリングして、そのときの走行距離 $L(n)$ とともに記憶装置9に記憶させる。

【0037】演算手段8は記憶装置9に一定走行距離毎に記憶した走行体6のローリング角 $\alpha(n)$ とピッチング角 $\beta(n)$ とヨーイング角 $\gamma(n)$ のサンプリング値と、前回サンプリングしたローリング角 $\alpha(n-1)$ とピッチング角 $\beta(n-1)$ とヨーイング角 $\gamma(n-1)$ とから、数式4によりそのときの走行体6の方位角 $\theta_y(n)$ と伏角 $\theta_z(n)$ を演算する。そして算出した方位角 $\theta_y(n)$ と伏角 $\theta_z(n)$ と前回サンプリングした走行距離 $L(n-1)$ 及び今回サンプリングした走行距離 $L(n)$ とを用い、数式5により前回サンプリングしてから今回サンプリングするまでの走行体6の位置変位量を $\Delta X(n)$ 、 $\Delta Y(n)$ 、 $\Delta Z(n)$ を演算する。この位置変位量 $\Delta X(n)$ 、 $\Delta Y(n)$ 、 $\Delta Z(n)$ を前回演算した走行体6の位置に加算して、今回サンプリングしたときの走行体6の位置座標 $X(n)$ 、 $Y(n)$ 、 $Z(n)$ を算出して記憶手段9に記憶させる。出力手段10は記憶手段9に記憶されたサンプリング毎の走行体6の位置座標 $X(n)$ 、 $Y(n)$ 、 $Z(n)$ を順次読みだして、その軌跡を表示手段に表示するとともに記録手段で記録紙に記録する。

【0038】このサンプリングと演算処理を走行体6が埋設管13の出口まで達するまで順次行ない、走行体6の位置座標 $X(n)$ 、 $Y(n)$ 、 $Z(n)$ を連続的に記録する。

【0039】このようにして曲率40mで湾曲した埋設管13を上下方向に30m接続し、その埋設管13内に走行体6を走行させながら埋設管13の各位置を測定した結

果を図5に示す。図5において実線は計測値、点線は実際値を示す。図に示すように走行体6を30m走行させたときの実際値と計測値の差は、横方向で0.1m、深さ方向で0.2mであり、従来の測定方法と比べて実際値と計測値の差を1/5以下に低減することができた。

【0040】このように、各サンプリング毎にA軸光ファイバジャイロ1で検出したローリング角 $\alpha(n)$ でB軸光ファイバジャイロ2とC軸光ファイバジャイロ3でそれぞれ検出したピッチング角 $\beta(n)$ とヨーイング角 $\gamma(n)$ を補正して方位角 $\theta_y(n)$ と伏角 $\theta_z(n)$ を算出するから、走行体6のローリングを防止するためのサーボ機構を必要とせず、走行体6の小型化とその構造の簡易化を図ることができる。

【0041】また、走行体6が埋設管13内を走行しているときに、伏角が大きいところで、走行体6に急激なローリング回転が生じて、そのときのローリング角 $\alpha(n)$ でピッチング角 $\beta(n)$ とヨーイング角 $\gamma(n)$ を補正して方位角 $\theta_y(n)$ と伏角 $\theta_z(n)$ を算出するから、伏角の大きい埋設管13の位置や形状も計測することができる。したがって大きな曲率で湾曲した埋設管13や、埋設管13の垂直な部分の位置や形状を精度良く計測することができる。

【0042】さらに、互いに直交する3軸の光ファイバジャイロ1、2、3で走行体6の回転角度を計測するから、磁性体の影響を受けることがなく、埋設管13が鋼管で形成されていたり、埋設管13の近傍にタンクや鉄筋等の磁性体があっても、その影響を受けずに埋設管13の位置や形状を計測することができる。

【0043】なお、上記実施例は一定距離毎にローリング角 $\alpha(n)$ 、ピッチング角 $\beta(n)$ 、ヨーイング角 $\gamma(n)$ をサンプリングした場合について説明したが、あらかじめ定めた一定周期毎にローリング角 $\alpha(n)$ 、ピッチング角 $\beta(n)$ 、ヨーイング角 $\gamma(n)$ と走行距離 $L(n)$ をサンプリングしても良い。

【0044】また、上記実施例は埋設管13の入口でA軸光ファイバジャイロ1とB軸光ファイバジャイロ2及びC軸光ファイバジャイロ3の初期設定をした場合について説明したが、埋設管13の入口側から一定距離又は一定周期毎に順次ローリング角 $\alpha(n)$ 、ピッチング角 $\beta(n)$ 、ヨーイング角 $\gamma(n)$ と走行距離 $L(n)$ をサンプリングして記憶手段9に記憶しておき、走行体6が埋設管13の出口側に達したときに、A軸光ファイバジャイロ1とB軸光ファイバジャイロ2及びC軸光ファイバジャイロ3の終期設定を行なうようにしても良い。この場合は終期設定をした後に、演算手段8で記憶手段9に記憶されたサンプリング値を後入れ先出し方式で取りだして、計測データの順序を逆転し、方位角 $\theta_y(n)$ と伏角 $\theta_z(n)$ を算出して埋設管13の位置を演算する。このように各光ファイバジャイロ1、2、3を終期設定することにより、埋設管13の一方の端部が閉ざされていた

りして、走行体6を例えば水圧や気圧で圧送し、圧送時の走行距離の管理を正確にできないような場合にも、走行体6を埋設管13の閉ざされている部分から入口の方に引出しながら走行距離を管理して埋設管13の位置や形状を計測することができる。

【0045】また、A軸光ファイバジャイロ1とB軸光ファイバジャイロ2及びC軸光ファイバジャイロ3の初期設定と、終期設定を行ない、走行体6が前進したときの位置計測値と後退したときの位置計測値で誤差補正を行なうことにより、埋設管13の位置をより高精度に計測することができる。

【0046】また、上記実施例は埋設管13の位置と形状を計測する場合について説明したが、推進用の掘削機にA軸光ファイバジャイロ1とB軸光ファイバジャイロ2及びC軸光ファイバジャイロ3を配置した走行体6を取り付け、推進管の位置を計測しながら推進させることにより、湾曲している推進管であってもその位置と推進方向を適切に制御することができる。

【0047】

【発明の効果】この発明は以上説明したように、互いに直交する3軸の光ファイバジャイロを走行体に配置し、そのうちの1軸の光ファイバジャイロをローリング検出用として使用し、他の2軸の光ファイバジャイロでそれぞれ検出したピッチング角とヨーイング角を検出したローリング角により補正して方位角と伏角を算出するようにしたから、走行体のローリングを防止するためのサーボ機構を必要とせず、走行体の小型化とその構造の簡易化を図ることができる。

【0048】また、走行体が埋設管内を走行しているときに、伏角が大きいところで急激なローリング回転が生じても、そのときのローリング角 $\alpha(n)$ でピッチング角 $\beta(n)$ とヨーイング角 $\gamma(n)$ を補正して方位角 $\theta_y(n)$ と伏角 $\theta_z(n)$ を算出するから、伏角の大きい埋設管の位置や形状も計測することができる。したがって大きな曲率で湾曲した埋設管や、埋設管の垂直な部分の位置や形状を精度良く計測することができる。

【0049】さらに、互いに直交する3軸の光ファイバジャイロで走行体の回転角度を計測するから、磁性体の影響を受けることがなく、埋設管が銅管で形成されていたり、埋設管の近傍にタンクや鉄筋等の磁性体があつて

も、その影響を受けずに埋設管の位置や形状を計測することができる。

【0050】また、埋設管の位置を計測する場合には、3軸の光ファイバジャイロの軸方向の初期設定を走行直前の管入口で行ない、走行体を埋設管の入口側から出口側に走行させて埋設管の位置を演算することにより簡単に埋設管の位置と形状を得ることができる。

【0051】また、走行体を走行させて、ローリング角とピッチング角とヨーイング角及び走行距離とを計測した後に、走行終了直後に3軸の光ファイバジャイロの軸方向の終期設定を行ない、計測データの順序を逆転して埋設管の位置を演算することにより、終端部が閉ざされている埋設管の位置と形状を精度良く計測することができる。

【0052】さらに、3軸の光ファイバジャイロの軸方向の初期設定と終期設定を行ない、前進したときの位置計測値と後退したときの位置計測値で誤差補正を行なうと、埋設管の位置と形状をより精度良く計測することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例を示すブロック図である。

【図2】上記実施例の走行体の構成図である。

【図3】上記実施例の原理を示す説明図である。

【図4】上記実施例で埋設管の形状を測定するときの配置図である。

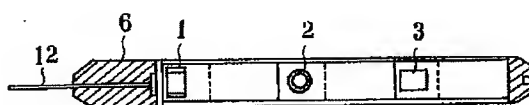
【図5】上記実施例の測定結果を示す位置変位特性図である。

【図6】光ファイバジャイロの原理図である。

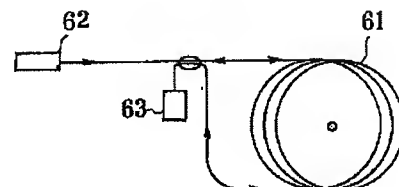
【符号の説明】

- |    |             |
|----|-------------|
| 1  | A軸光ファイバジャイロ |
| 2  | B軸光ファイバジャイロ |
| 3  | C軸光ファイバジャイロ |
| 4  | 距離計         |
| 5  | 処理装置        |
| 6  | 走行体         |
| 7  | サンプリング手段    |
| 8  | 演算手段        |
| 9  | 記憶手段        |
| 10 | 出力手段        |
| 13 | 埋設管         |

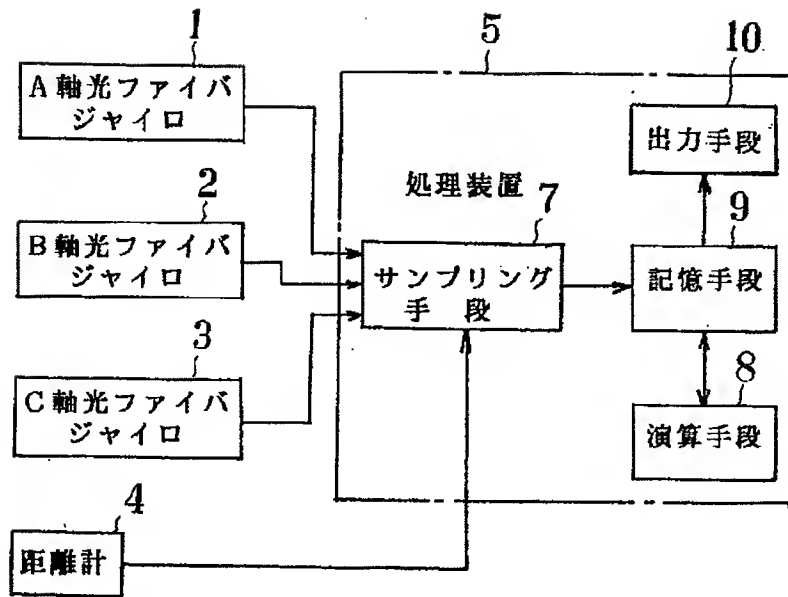
【図2】



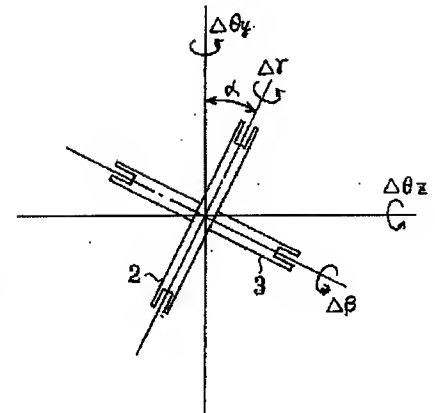
【図6】



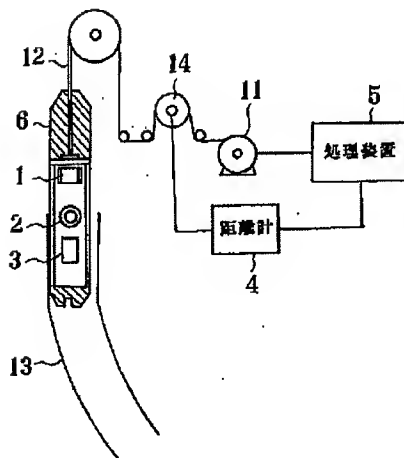
【図1】



【図3】



【図4】





【図5】

